

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-038285

(43)Date of publication of application : 06.02.2002

(51)Int.Cl.

C23F 4/00
G11B 5/39
H01L 21/302

(21)Application number : 2000-224248

(71)Applicant : NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS SCIENCE
JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP
ANELVA CORP

(22)Date of filing : 25.07.2000

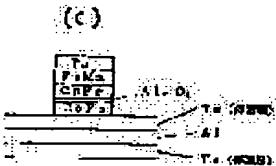
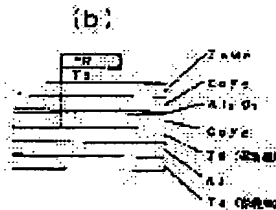
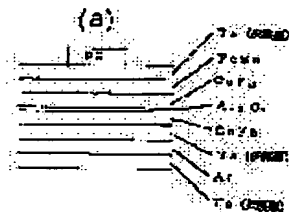
(72)Inventor : NAKATANI ISAO
MASHITA KIMIKO
MATSUI NAOKO

(54) MASK MATERIAL FOR DRY ETCHING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a mask material for dry etching, which is suitable for fine patterning of thin magnetic films of about several nanometers such as NiFe and CoFe composing a TMR film, and furthermore, which can simplify a manufacturing process of a TMR element and reduce a manufacturing cost concerned with facilities and materials

SOLUTION: The mask material used in dry etching magnetic materials with mixed gas of carbon monoxide and a compound including nitrogen is characterized in consisting of a metal (either of tantalum, tungsten, zirconium, or hafnium) of which the melting point or the boiling point rises when the material changes into a nitride or a carbide.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-38285

(P2002-38285A)

(43) 公開日 平成14年2月6日(2002.2.6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト ⁷ (参考)
C 2 3 F 4/00		C 2 3 F 4/00	A 4 K 0 5 7
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
H 0 1 L 21/302		H 0 1 L 21/302	Z 5 F 0 0 4

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-224248(P2000-224248)

(22) 出願日 平成12年7月25日(2000.7.25)

(71) 出願人 301023238

独立行政法人物質・材料研究機構
茨城県つくば市千現一丁目2番1号

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団
埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 000227294

アネルバ株式会社
東京都府中市四谷5丁目8番1号

(74) 代理人 100059281

弁理士 鈴木 正次 (外1名)

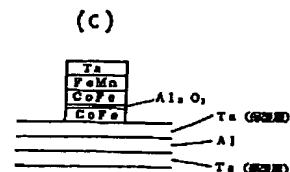
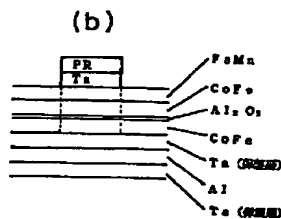
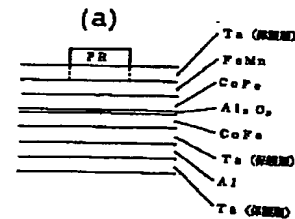
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ドライエッチング用マスク材

(57) 【要約】

【課題】 TMR膜を構成するNiFeやCoFeのように数nm程度の薄い磁性膜の微細加工に適したドライエッチング用のマスク材、更に、このようなマスク材であって、なおかつ、TMR素子の生産工程の簡略化、設備、材料に関わる製造コストの低減を図ることのできるドライエッチング用のマスク材を提供する。

【解決手段】 一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスをエッチングガスとして使用し磁性材料をドライエッチングする際のマスク用材料において、当該材料が窒化物あるいは炭化物に変化したときに融点又は沸点が上昇する金属（タンタル、タングステン、ジルコニウム、ハフニウムのいずれか）からなることを特徴とするドライエッチング用マスク材によって課題を解決した。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスをエッチングガスとして使用し磁性材料をドライエッチングする際のマスク用材料において、当該材料が窒化物あるいは炭化物に変化したときに融点又は沸点が上昇する金属からなることを特徴とするドライエッチング用マスク材。

【請求項2】 金属をタンタルとしたことを特徴とする請求項1記載のドライエッチング用マスク材。

【請求項3】 金属をタングステン、ジルコニウム、ハフニウムのいずれかとしたことを特徴とする請求項1記載のドライエッチング用マスク材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はNi、Fe、Co等の磁性材料をエッチングする工程において使用するエッチング用マスク材に関するものであり、更に詳しくは、磁気ディスクへの書き込みに使用される磁気ヘッド、集積化磁気メモリ等の製造に有用な、ドライエッチング用の新しいマスク材に関し、特にGMR（巨大磁気抵抗）や、TMR（トンネリング磁気抵抗）といった磁気抵抗素子を構成する磁性多層薄膜のドライエッチングによる微細加工に用いられるマスク材に関する。

【0002】

【従来の技術】DRAM並みの集積密度でSRAM並みの高速性を持ち、かつ無制限に書き換え可能なメモリとして注目されている集積化磁気メモリであるMRAM（magnetic random access memory）及び磁気ヘッドには、主に数nm程度の非磁性又は磁性薄膜の積層で構成されているTMR（tunneling magnetoresistive）膜が使用されている。

【0003】このTMR膜を構成するNiFeやCoFeのように数nm程度の薄い磁性膜の微細加工に適したドライエッチング用のマスク材についての提案はこれまで少なかった。

【0004】ドライエッチング用のマスクとして、特開平11-92971号には、一酸化炭素と含窒素化合物との混合ガスをを用いたプラズマによる反応性イオンエッチング用マスクとして、チタン、マグネシウム、アルミニウム、ゲルマニウム、白金、パラジウム及びこれらのそれぞれを、もしくは2種以上を主成分とする合金あるいは化合物のうちの少なくとも1種以上で構成されるマスクが提案されている。しかし、特開平11-92971号では、エッチング特性として重要な選択比について言及されておらず、又、TMR素子等の全体の生産工程を視野に入れた最適なマスク材の検討はなされていなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、TMR膜を

2

構成するNiFeやCoFeのように数nm程度の薄い磁性膜の微細加工に適したドライエッチング用のマスク材、更に、このようなマスク材であって、なおかつ、TMR素子の生産工程の簡略化、設備、材料に関わる製造コストの低減を図ることのできるドライエッチング用のマスク材を提案することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】今日広く半導体製造工程の微細加工の手段として用いられているRIE（リアクティブイオンエッチング）と呼ばれるドライエッチングの一手法は、エッチングガスのプラズマ中に、被加工物を置き、電界を加えることにより、化学的作用と物理的作用とを同時に生起させて特定の物質のみエッチングするものである。

【0007】原理的には、マスクに覆われていない被加工物の表面に垂直に入射するイオンによるスパッタリング作用、蒸発作用という物理的作用によって、また、プラズマ中で発生したエッチングガスのイオン、ラジカルなどの化学的活性種が被加工物の表面に衝突あるいは吸着し、被加工物と化学反応を起こし、低い結合エネルギーを持つ表面反応層が形成されるという化学的作用によって生じた揮発性の高い生成物が脱離することにより進行しているものと考えられている。

【0008】本願の発明者は、前記特開平11-92971号の中で、最も望ましい物質として提案されているTiを用いて研究を進め、本発明のドライエッチングが主にスパッタリングにより進行していると考えられることを見出した。

【0009】NiFeやFe等の磁性材料のエッチングにおいて、エッチング速度を保ちながらマスクとの選択比（磁性材料のエッチング速度／マスクのエッチング速度）を大きくすることは一般的に難しいとされているにもかかわらず、エッチングガスに一酸化炭素と含窒素化合物との混合ガスをを用い、Tiをマスク材にすると特異的にTiのエッチング速度が遅く、大きな選択比をとることができる（図1）。

【0010】本願発明者はこれについて研究を進めた結果、以下の二つの効果が相乗されてこのような結果がもたらされるものであることが分かった。

【0011】第一の効果は、被エッチング材である磁性材料とTiのスパッタ率の差である。

【0012】一般にCo、Fe、Niといった磁性を示す金属と比較してTiのスパッタ率は低いことが知られている。例えば、Arイオン500eVでのスパッタ率は、Coが1.2、Feが1.1又は0.84、Niが1.45又は1.33であるのに対し、Tiは、0.51と低い。

【0013】すなわち、前述したようにスパッタリング作用が支配的になっていると考えられるドライエッチングにおいて、Tiが特異的に大きな選択比をとることが

できるのは、第一に、磁性を示す金属と比較してTiのスパッタ率が低いということによるものと考えられる。

【0014】したがって、被エッチング材料が磁性材料である場合、前述したようにスパッタリング作用が支配的となるドライエッチングにおいて、高い選択比を確保するには、前記のTiのように被エッチング材料に比べてスパッタ率の小さい材料をマスク材としてまず採用することが重要である。

【0015】磁性材料のエッチングにおいて、エッチングガスに一酸化炭素と含窒素化合物との混合ガスを用い、Tiをマスク材にすると、特異的にTiのエッチング速度が遅く、大きな選択比をとることができるという結果をもたらす第2の効果は、以下に説明するように、プラズマ化した一酸化炭素ガスと含窒素化合物ガスの混合ガスにより、マスク材のTiがより安定な状態に改質されることである。

【0016】本願発明者が、Tiのエッチング速度が遅いことを更に調べたところ、図2図示のように、エッチングガスが、含窒素化合物のガス(NH₃ガス、N₂ガス)だけの場合よりも、一酸化炭素と含窒素化合物との混合ガスの場合の方が特にエッチング速度が遅く、大きな選択比がとれることが分かった。

【0017】また、図1、図2に示された実験結果より、NH₃ガスの流量比が大きくなるほど、つまり、一酸化炭素と含窒素化合物との混合ガスにおけるCOガスの流量比が小さくなるほど対Ti選択比が低下し(図1)、NH₃ガスやN₂ガスのみのように一酸化炭素(COガス)が全く入らない条件では対Ti選択比は低いことが分かった(図2)。

【0018】すなわち、エッチングガスが、一酸化炭素と含窒素化合物との混合ガスの場合に、対Ti選択比が高い(大きい)のは、一酸化炭素(COガス)が多いほど、磁性材料であるNiFeと比較してTiのエッチング速度が低下しているためと考えられる。

【0019】更に、本願発明者の実験によれば、あまりイオン入射エネルギーが違わない条件、例えば、図1の実験結果が得られた条件の下では、SiO₂のエッチング速度は、NiFeやFeといった磁性膜と同じような挙動を示す。このことから、一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスにおいて対Ti選択比が高くなるのは、磁性材料のエッチング速度が極めて高いからではなく、むしろTiのエッチング速度が一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスにおいて小さいためであるということが考えられる。

【0020】そこで、発明者は、一酸化炭素と含窒素化合物との混合ガスの場合に、対Ti選択比が高く(大きく)なるのは、Ti表面の変質と考え、エッチングガス

として一酸化炭素と含窒素化合物との混合ガスを使用したドライエッチング処理後のTi膜の深さ方向のXPS(X-ray photoelectron spectroscopy)分析を行った。その結果、エッチング処理後のTi膜は、表面近傍数nm程度が高濃度に窒化し、また全体的に炭化していることが確認できた。

【0021】すなわち、一酸化炭素と含窒素化合物との混合ガスをエッチングガスとして使用する場合にTi膜のエッチング速度が低下するのは、マスク材として用いられているTiの炭化と、窒化の2つが関与し、プラズマ状態にある一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスであるエッチングガスにより、マスク材であるTi膜が窒化物、あるいは炭化物となり、化学的あるいは構造的により安定になることで、スパッタ率が更に減少したためであると考えられた。

【0022】そこで、前記のTiのように被エッチング材料に比べてスパッタ率の小さい材料であることの他に、窒化物、又は炭化物を形成したときにより化学的、あるいは構造的な安定性を示す物性として、原子間のエネルギーに関係すると考えられる融点、あるいは沸点に注目し、周期律表のIV~VI族の金属の中で、単体金属のときよりも窒化物あるいは炭化物に変化したときに、融点あるいは沸点が上昇する金属材料であることが高い選択比を持つためのもう一つの条件であると推測し、この発明を完成させた。

【0023】

【発明の実施の形態】この発明が提案するドライエッチング用マスク材は、一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスをエッチングガスとして使用し磁性材料をドライエッチングする際のマスク用材料において、当該材料が窒化物あるいは炭化物に変化したときに融点又は沸点が上昇する金属からなることを特徴とするものである。

【0024】前記における金属は、具体的には、タンタル(Ta)、タングステン(W)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)のいずれかとすることができる。

【0025】これらいずれの金属も、下記の表1の通り、磁性を示す金属と比較してスパッタ率が低く、かつ、単体金属より窒化物あるいは炭化物になったときに融点又は沸点が上昇するものであり、一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスをエッチングガスとして用いるドライエッチングにおいて、NiFeやCoFe等の磁性材料に対して高い選択比を示す傾向があり、磁性材料に対するドライエッチング用マスク材として良好である。

【0026】

【表1】

5
【表1】

	融点 (°C)	沸点 (°C)	スパッタ率(Arイオン 500eV)
Ti	1660±10	3287	0.51
TiC	3140±90	4820	—
TiN	2930	—	—
Ta	2996	5425±100	0.57
TaC	3880	5500	—
TaN	3360±50	—	—
W	3410±20	5660	0.57
WC	3870±50	6000	—
WN ₂	above 400	—	—
Zr	1852±2	4377	0.65
ZrC	3540	5100	—
ZrN	2980±90	—	—
Hf	2227±20	4602	0.70
HfC	ca3890	—	—
HfN	3305	—	—

なお、前記表1における融点と沸点は、「CRC Handbook of Chemistry and Physics」(Editor-in-Chief: Robert C. Weast, CRC Press, Inc. (1988))による。また、スパッタ率は、「薄膜作成の基礎(第3版)」(麻時 立男 日刊工業新聞社)による。

【0027】前記の金属中、特に、Taは、以下の理由からTMR素子を構成する磁性材料に対するドライエッチング用マスク材として有効である。

【0028】図3は、TMR用の磁性膜を構成するNiFe膜、CoFe膜のTaに対する選択比を測定したものであるが、CoFe膜のTaに対する選択比は10倍以上となっており、TaをNiFe膜、CoFe膜などの磁性材料をエッチングする際のマスク材として採用し得ることが確認できる。

【0029】一方、TMR素子を構成する磁性薄膜は、素子として酸化による特性劣化を防ぎ化学的安定性等を確保するために、その表面に保護膜と呼ばれる導電性を有する非磁性の薄膜が形成されており、この保護膜には、通常Taが使用されている。Taが保護膜として使用される理由は、Taが保護膜としての安定性を有する他に、Ta膜を下地膜とした場合、その上に積層して形成されるNiFe等の、素子として重要な働きをする磁性膜が好ましいとされる配向面で成長するからである。

【0030】そこで、この発明が提案するドライエッチング用マスク材としてTaを用いることにより、TMR素子の微細加工を行う過程において、TMR素子の保護

膜として形成されるTaがマスクとして使用されているので、TMR素子の微細加工終了後にマスクを除去する必要がなくなり、これをそのまま残して保護膜として使用できる。

【0031】すなわち、この発明が提案するドライエッチング用マスク材として良好な磁性膜形成に必要な下地膜でもあるTaを用いると、マスクに用いられたTaがTMR素子の構成要素(保護膜)となるので、エッチング終了後にマスクを除去する工程が不要になり、生産工程の短縮化、簡略化につながり、マスク用としてだけ別の材料を用意する必要がなくなり、設備、材料に関わるコストの削減を図ることができる。

【0032】なお、前記において、反応性ガスとして用いる一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスにアルゴン(Ar)、ヘリウム(He)、キセノン(Xe)、クリプトン(Kr)、ネオン(Ne)等の第三のガスを添加ガスとして添加してもよい。これらの第三のガスを添加することにより、前述の一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスを希釈し、過度のガスの解離やエッチング生成物の再解離、再付着をコントロールすることができる。

【0033】ただし、図4に示すように、一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスに対するArガスの添加量が大きいかほど対Ti選択比は小さくなり、この傾向は、本発明において採用している単体金属より窒化物あるいは炭化物に変化したときに融点又は沸点が上昇する金属(Ta、W、Zr、Hf)においても示されるので、Arガスのような前述した第三のガスを一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスに添加する場合、その添加量は80%以

下とすることが望ましい。

【0034】

【実験例】一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスをエッチングガスとして使用し磁性材料をドライエッチングする際のマスク用材料として本発明が提案するタンタル(Ta)を採用した場合について、TMR素子に対して、図5に示すようなヘリコン波プラズマ源搭載のエッチング装置を用いてエッチングを行った。

【0035】図6にTMR素子の基本的な構造を示す。

【0036】TMR素子の特徴付けるTMR構造は、膜厚が1nmの絶縁層である Al_2O_3 膜を挟んで、ピン層(Al_2O_3 の上層)とフリー層(Al_2O_3 の下層)と呼ばれる2つのCoFeからなる強磁性層(膜厚は、ピン層が5nm、フリー層が10nm)と、ピン層の上層で反強磁性層のFeMn(膜厚20nm)からなる。なお、ここでは、TMR素子の基本原理、動作の説明は省略する。

【0037】更に、生産工程中、大気と接する最上層には、TMR素子の保護層であり、かつ、絶縁層である Al_2O_3 を含めた磁性層のドライエッチング用のマスクでもあるTaが積層している。Taは、ドライエッチング後、保護層としての膜厚を確保させるため、エッチング前は9nmの膜厚に積層される。保護層(Ta)、反強磁性層(FeMn)、強磁性層(CoFe)、絶縁層(Al_2O_3)は、一般的にはスパッタリングで順次形成される。

【0038】まず、図6(a)図示の構成のTMR素子に対して、 SF_6 ガスを用いて、PRをマスクとして、Ta膜をエッチングし、図6(b)図示のように形成されたTa膜を絶縁層である Al_2O_3 を含めた磁性層(FeMn、CoFe)のマスクとした。このプロセスは以下のように行った。

【0039】図5図示の真空容器2内を排気系21によって排気し、不図示のゲートバルブを開けて図6(a)図示の構成のTMR素子となるTMR膜を積層したウェーハ9を真空容器2内に搬入し、対象物ホルダー4に保持し、温度制御機構41により所定温度に維持した。次に、ガス導入系3を動作させ、図5には不図示の SF_6 ガスを溜めているボンベから不図示の配管、バルブ、流量調整器を介して、所定の流量のエッチングガス(SF_6)を真空容器2内へ導入する。導入されたエッチングガスは、真空容器2内を経由して誘電体壁容器11内に拡散する。ここで、プラズマ源1を動作させる。プラズマ源1は、真空容器2に対して内部空間が連通するようにして気密に接続された誘電体壁容器11と、誘電体壁容器11内にヘリコン波を誘起する2ターンのアンテナ12と、アンテナ12に不図示の整合器を介して伝送路15によって接続され、アンテナ12に供給する高周波電力(ソース電力)を発生させるプラズマ用高周波電源13と、誘電体壁容器11内に所定の磁界を生じさせる

電磁石14等とから構成されている。プラズマ用高周波電源13が発生させた高周波が伝送路15によってアンテナ12に供給された際に、2ターンのアンテナ12に互いに逆向きの電流が流れ、この結果、誘電体壁容器11の内部にヘリコン波が誘起される。このヘリコン波のエネルギーがエッチングガスに与えられてヘリコン波プラズマが形成される。なお、真空容器2の側壁の外側には、多数の側壁用磁石22が、真空容器2の側壁を臨む面の磁極が隣り合う磁石同士で互いに異なるように周方向に多数並べて配置され、これによってカスプ磁場が真空容器2の側壁の内面に沿って周方向に連なって形成され、真空容器2の側壁の内面へのプラズマの拡散が防止されている。この時、同時に、バイアス用高周波電源5を動作させて、エッチング処理対象物であるウェーハ9に負の直流分の電圧であるセルフバイアス電圧が与えられ、プラズマからウェーハ9の表面へのイオン入射エネルギーを制御している。前記のようにして形成されたプラズマが誘電体壁容器11から真空容器2内に拡散し、ウェーハ9の表面付近にまで達する。この際、ウェーハ9の表面がエッチングされる。

【0040】なお、以上の SF_6 を用いたPRマスクによるTa膜のエッチングプロセスは、エッチングガス(SF_6)の流量:326mg/min.(50sccm)、ソース電力:1000W、バイアス電力:100W、真空容器2内の圧力:0.5Pa、ウェーハ9の温度:50℃で行った。

【0041】次に、COガスと NH_3 ガスとの混合ガスをエッチングガスとして用いて、前記のプロセスによって形成されたTaマスクで磁性膜をエッチングした。

【0042】このプロセスも、図5図示のヘリコン波プラズマ源搭載のエッチング装置を用いて行うものであるが、前記のプロセスにおいて、図示しないガス導入系を動作させて SF_6 ガスをエッチングガスとして真空容器2内へ導入したプロセスを、ガス導入系3を動作させて、図5図示のCOガスを溜めているボンベ31a及び NH_3 ガスを溜めているボンベ31bから、配管32、バルブ33、流量調整器34を介して、所定の混合比及び流量のエッチングガス(COガス及び NH_3 ガスの混合ガス)を真空容器2内へ導入するプロセスに変更し、他は、前述のプロセスと同様にエッチングを行い、図6(c)図示のTMR素子を得た。

【0043】このTa膜マスクによる磁性膜のエッチングプロセスは、エッチングガスの流量:COガス:12.5mg/min.(10sccm)、 NH_3 ガス:22.8mg/min.(30sccm)、ソース電力:3000W、バイアス電力:1200W、真空容器2内の圧力:0.8Pa、ウェーハ9の温度:100℃で行ったものである。

【0044】以上のプロセスにてTMR素子をエッチングしたところ、パターン側壁への付着膜は発生しなかつ

た。

【0045】一方、TMR素子をArガスを用いてPRマスクでエッチングしたところ、パターン側壁に付着膜が生じていた。

【0046】この結果、図3に示すように、一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスをエッチングガスとして使用し、TMR素子を構成する磁性材料をドライエッチングする際のマスク用材料としてTiと同等以上のエッチング性能(CoFeエッチング速度:63.1nm/min.、Taエッチング速度:5.7nm/min.、選択比(対CoFe):11)が得られ、エッチング後、膜厚5nmの保護膜としてTa膜をそのまま残した。

【0047】更に、Taをマスク材として用いると、ドライエッチングにより発生する反応生成物に起因するパターン側壁への付着物が低減されるため、テーパ角も大きく、パターン側壁への付着物の少ないエッチングを行えることが示された。

【0048】以上、この発明の好ましい実施の形態、実験例を説明したが、本発明は、前述した実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載から把握される技術的範囲において、種々の形態に変更可能である。

【0049】例えば、一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスをエッチングガスとし、本発明が提案するTa等の金属を、TMR素子を構成する磁性薄膜のドライエッチング用のマスク材として用いる場合、TMR素子の構成は、図6図示の構成に限定されるものではない。

【0050】また、前記実験例では、エッチング装置としてヘリコン波プラズマ源搭載のエッチング装置を用いたが、エッチング装置はこれに限られるものではなく、平行平板型RIE、マグネトロンRIE、ECR、ICPなどを用いることができる。

【0051】

【発明の効果】この発明によれば、TMR膜を構成するNiFeやCoFeのように数nm程度の薄い磁性膜の微細加工に適したドライエッチング用のマスク材、更に、このようなマスク材であって、なおかつ、TMR素子の生産工程の簡略化、設備、材料に関わる製造コストの低減を図ることのできるドライエッチング用のマスク

材を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】一酸化炭素と含窒素化合物の混合ガスにおけるエッチング速度の実験結果を表すグラフ。

【図2】NiFeエッチング速度と対Ti選択比の反応性ガスによる相違を表すグラフ。

【図3】TMR素子用磁性膜のCO/NH₃エッチング特性を表すグラフ。

【図4】エッチング速度と対Ti選択比のArガス添加量依存度を表すグラフ。

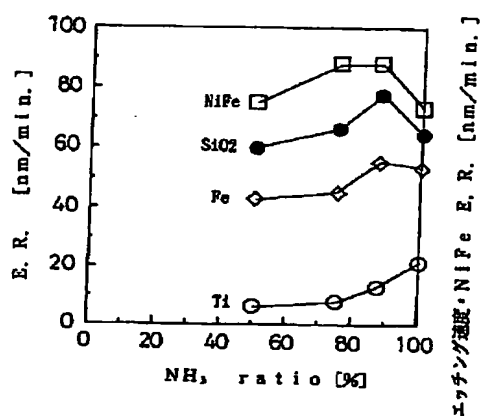
【図5】本発明のTaマスクでCO+NH₃ガスを用いて磁性膜のエッチングを行う際に使用できるエッチング装置の概略構成図。

【図6】本発明のTaマスクを用いてTMR素子のエッチングを行う際のプロセスを表す図であって、(a)は、プロセス開始前の断面概略図、(b)は、PRをマスクとしてTa膜をエッチングした状態の断面概略図、(c)は、Taマスクで、磁性膜をエッチングした状態の断面概略図。

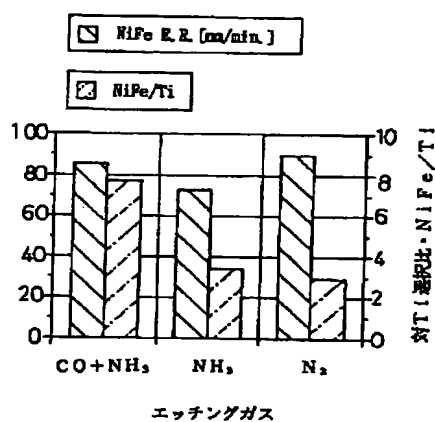
【符号の説明】

- 1 プラズマ源
- 2 真空容器
- 3 ガス導入系
- 4 対象物ホルダー
- 5 バイアス用高周波電源
- 9 ウェーハ
- 11 誘電体壁容器
- 12 アンテナ
- 13 プラズマ用高周波電源
- 14 電磁石
- 15 伝送路
- 21 排気系
- 22 側壁用磁石
- 31a、31b ポンプ
- 32 配管
- 33 バルブ
- 34 流量調整器
- 41 温度制御機構

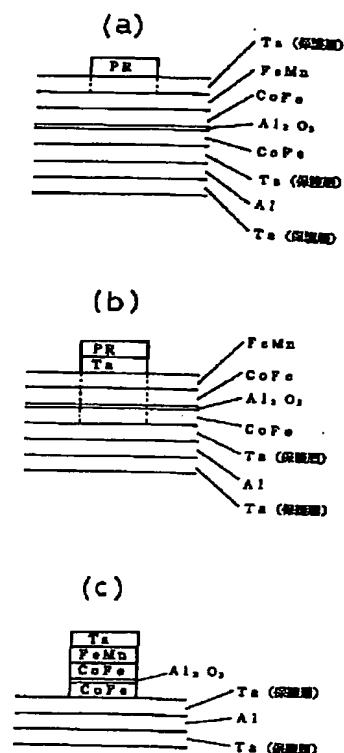
【図1】



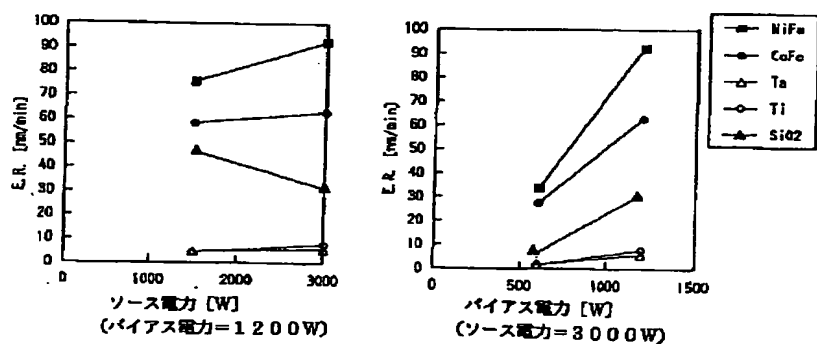
【図2】



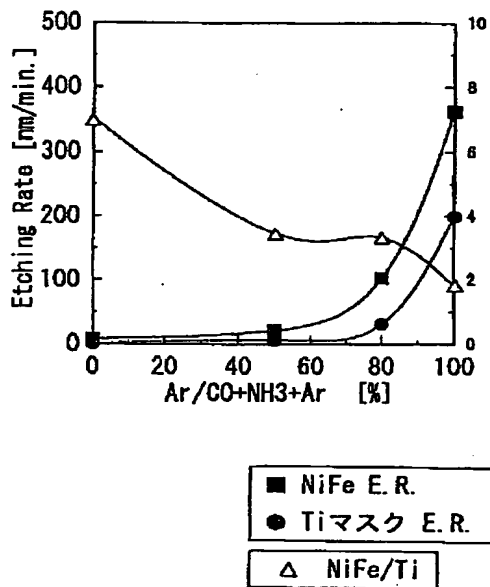
【図6】



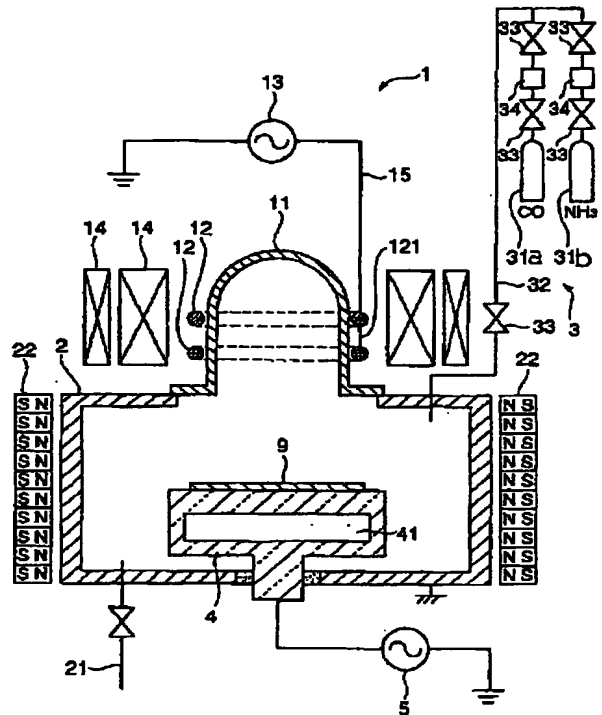
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 中谷 功

茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学
技術庁金属材料技術研究所内

(72)発明者 真下 公子

東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル
パ株式会社内

(72)発明者 松井 尚子

東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル
パ株式会社内

Fターム(参考) 4K057 DA13 DB01 DB02 DB03 DB08
DB15 DC10 DD03 DE20 DG07
DM03 DM24 DM28 DN01
5D034 BA02 BA03 DA05 DA07
5F004 AA04 BA04 BA13 BA14 BA20
BB18 DA18 DB08 DB14 DB29
EA05 EB07

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-038285

(43)Date of publication of application : 06.02.2002

(51)Int.Cl.

C23F 4/00
G11B 5/39
H01L 21/302

(21)Application number : 2000-224248

(71)Applicant : NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS
SCIENCE
JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP
ANELVA CORP

(22)Date of filing : 25.07.2000

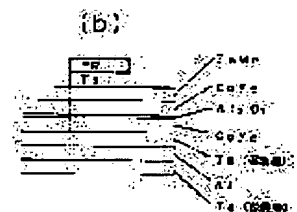
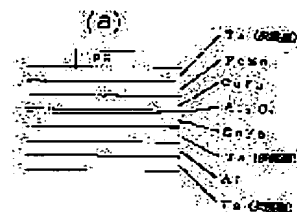
(72)Inventor : NAKATANI ISAO
MASHITA KIMIKO
MATSUI NAKO

(54) MASK MATERIAL FOR DRY ETCHING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a mask material for dry etching, which is suitable for fine patterning of thin magnetic films of about several nanometers such as NiFe and CoFe composing a TMR film, and furthermore, which can simplify a manufacturing process of a TMR element and reduce a manufacturing cost concerned with facilities and materials

SOLUTION: The mask material used in dry etching magnetic materials with mixed gas of carbon monoxide and a compound including nitrogen is characterized in consisting of a metal (either of tantalum, tungsten, zirconium, or hafnium) of which the melting point or the boiling point rises when the material changes into a nitride or a carbide.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Mask material for dry etching characterized by consisting of a metal with which the melting point or the boiling point goes up in the charge of mask lumber at the time of carrying out dry etching of the magnetic material to a carbon monoxide as etching gas using the mixed gas of a nitrogen-containing compound when the ingredient concerned changes to a nitride or carbide.

[Claim 2] Mask material for dry etching according to claim 1 characterized by making a metal into a tantalum.

[Claim 3] Mask material for dry etching according to claim 1 characterized by using a metal as a tungsten, a zirconium, or a hafnium.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the mask material used for micro processing by the dry etching of the magnetic multilayered film which constitutes a magnetic resistance element called especially GMR (huge magnetic reluctance) and TMR (tunneling magnetic reluctance) about the new mask material for dry etching useful to manufacture of the magnetic head used for the writing to a magnetic disk, integration MAG memory, etc. in more detail about the mask material for etching used in the process which etches magnetic materials, such as nickel, Fe, and Co.

[0002]

[Description of the Prior Art] It has about the same rapidity as SRAM by about the same accumulation consistency as DRAM, and the TMR (tunneling magnetoresistive) film which mainly consists of laminations of nonmagnetic [about several nm] or a magnetic thin film is used for MRAM (magnetic random access memory) and the magnetic head which are the integration MAG memory which attracts attention as rewritable memory indefinitely.

[0003] There were few proposals about the mask material for dry etching which was suitable for micro processing of an about several nm thin magnetic film like NiFe which constitutes this TMR film, or CoFe until now.

[0004] as the mask for reactive ion etching by the plasma which used the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound for JP,11-92971,A as a mask for dry etching -- titanium, magnesium, aluminum, germanium, platinum, palladium, and these each -- or the mask which consists of at least one or more sorts in the alloy which uses two or more sorts as a principal component, or a compound is proposed. However, in JP,11-92971,A, examination of the optimal mask material for which reference was not made about a selection ratio important as an etching property and which put the whole production processes, such as a TMR component, into the visual field was not made.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] the mask material for dry etching which was suitable for micro processing of an about several nm thin magnetic film like NiFe from which this invention constitutes the TMR film, or CoFe, and still such mask material -- it is -- in addition -- and it aims at proposing the mask material for dry etching which can aim at simplification of the production process of a TMR component, facility, and reduction of the manufacturing cost in connection with an ingredient.

[0006]

[Means for Solving the Problem] By placing a workpiece and adding electric field into the plasma of etching gas, a way method of the dry etching called RIE (reactive ion etching) widely used as a means of micro processing of a semi-conductor production process today makes a chemical operation and a physical operation occur simultaneously, and etches only the specific matter.

[0007] According to the physical operation of the sputtering operation by the ion which carries out incidence at right angles to the front face of the workpiece which is not covered with a mask theoretically, and evaporation Moreover, chemical active species, such as ion of the etching gas which occurred in the plasma, and a radical, collide or adsorb on the surface of a workpiece. It is thought that it is going on when the volatile high product which produced the workpiece and the chemical reaction according to chemical operation that a surface reaction layer with a lifting and low binding energy is formed ****s.

[0008] The artificer of this application advanced research using Ti proposed as most desirable matter in said JP,11-92971,A, and found out that it was thought that the dry etching of this invention is mainly advancing by sputtering.

[0009] In etching of magnetic materials, such as NiFe and Fe, maintaining an etch rate, if the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound is used for etching gas and Ti is made into mask material in spite of making it difficult to enlarge a selection ratio (etch rate of the etch rate/mask of a magnetic material) with a mask generally, the etch rate of Ti is specifically slow and a big selection ratio can be taken (drawing 1).

[0010] As a result of an invention-in-this-application person's advancing research about this, it turned out that it is what the following two effectiveness is multiplied and such a result is brought.

[0011] The first effectiveness is a difference of the sputtering yield of a magnetic material and Ti which is etched material.

[0012] It is known as compared with the metal in which magnetism, such as Co, Fe, and nickel, is generally shown that the sputtering yield of Ti is low. For example, Ti is as low as 0.51 to 1.2 and Fe being [1.1 or 0.84, and nickel of an Ar ion 500eV sputtering yield] 1.45 or 1.33 for Co.

[0013] That is, in the dry etching considered that the sputtering operation is dominant as mentioned above, it is considered to be because for the sputtering yield of Ti to be low as compared with the metal which shows magnetism in the first place that Ti can take a big selection ratio specifically.

[0014] Therefore, in order to secure a high selection ratio in the dry etching from which a sputtering operation becomes dominant as mentioned above when an etched ingredient is a magnetic material, it is important to adopt the small ingredient of a sputtering yield first as mask material compared with an etched ingredient like aforementioned Ti.

[0015] The 2nd effectiveness of bringing about the result that the etch rate of Ti is specifically slow and a big selection ratio can be taken if the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound is used for etching gas and Ti is made into mask material in etching of a magnetic material is changing refining of Ti of mask material into a more stable condition with the mixed gas of the plasma-ized carbon monoxide gas and nitrogen-containing compound gas, as explained below.

[0016] When the invention-in-this-application person investigated further that the etch rate of Ti was slow, like the drawing 2 graphic display, the etch rate of etching gas was [especially the direction in the case of the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound] slower than the case of only the gas (NH₃ gas, N₂ gas) of a nitrogen-containing compound, and it turned out that a big selection ratio can be taken.

[0017] Moreover, from the experimental result shown in drawing 1 and drawing 2 , the pair Ti selection ratio fell, so that the flow rate of NH₃ gas became large (i.e., so that the flow rate of CO gas in the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound became small) (drawing 1 $R > 1$), and on the conditions into which a carbon monoxide (CO gas) does not go at all, it turned out only like NH₃ gas or N₂ gas that a pair Ti selection ratio is low (drawing 2).

[0018] That is, one with a high (large) pair Ti selection ratio is considered because the etch rate of Ti is falling as compared with NiFe whose carbon monoxide (CO gas) much etching gas is a magnetic material, so that there is in the case of the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound.

[0019] Furthermore, according to the experiment of an invention-in-this-application person, under the conditions from which ion incidence energy is seldom different, for example, the conditions from which the experimental result of drawing 1 was obtained, the etch rate of SiO₂ shows the same behavior as magnetic films, such as NiFe and Fe. Also from this, that a pair Ti selection ratio becomes high in the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound can consider that it is not because the etch rate of a magnetic material is very high, and the etch rate of Ti is because it is small in the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound rather.

[0020] Then, the artificer performed XPS (X-ray photoelectron spectroscopy) analysis of the depth direction of Ti film after the dry etching processing which that a pair Ti selection ratio becomes high (greatly) considered deterioration of Ti front face in the case of the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound, and used the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound for it as etching gas. Consequently, it has checked having nitrided Ti film after etching processing about several nm near the front face to high concentration, and having carbonized it on the whole.

[0021] That namely, the etch rate of Ti film falls when using the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound as etching gas. With carbonization of Ti used as mask material, the carbon monoxide which two of nitriding involve and is in the plasma state, and the etching gas which is the mixed gas of a nitrogen-containing compound. It was thought by Ti film which is mask material serving as a nitride or carbide, and becoming stability chemically or structural more that it was because the sputtering yield decreased further.

[0022] then, as physical properties which show chemical or structural stability by the time of forming the nitride or carbide other than being the small ingredient of a sputtering yield compared with an etched ingredient like aforementioned Ti. The melting point considered to be related to the energy between atoms or the boiling point is observed. In the metal of the IV-VI group of the periodic table. When it changed to a nitride or carbide rather than the time of a simple substance metal, it surmised that it was one condition that I accept it since it has a high selection ratio that it is the metallic material with which the melting point or the boiling point goes up, and this invention was completed.

[0023]

[Embodiment of the Invention] In the charge of mask material at the time of carrying out dry etching of the magnetic material to a carbon monoxide as etching gas using the mixed gas of a nitrogen-containing compound, the mask material for dry etching which this invention proposes is characterized by consisting of a metal with which the melting point or the boiling point goes up, when the ingredient concerned changes to a nitride or carbide.

[0024] Specifically, the metal in the above can be used as a tantalum (Ta), a tungsten (W), a zirconium (Zr), or a hafnium (Hf).

[0025] As the following table 1, when a sputtering yield is low and it becomes a nitride or carbide from a simple substance metal as compared with the metal in which magnetism is shown, the melting point or the boiling point goes up, in the dry etching using the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound as etching gas, there is an inclination which shows a high selection ratio to magnetic materials, such as NiFe and CoFe, and any [these] metal is good as mask material for dry etching to a magnetic material.

[0026]

[A table 1]

【表 1】

	融点 (°C)	沸点 (°C)	スパッタ率(Arイオン 500eV)
Ti	1660±10	3287	0.51
TiC	3140±90	4820	—
TiN	2930	—	—
Ta	2996	5425±100	0.57
TaC	3880	5500	—
TaN	3360±50	—	—
W	3410±20	5660	0.57
WC	3870±50	6000	—
WN ₂	above 400	—	—
Zr	1852±2	4377	0.65
ZrC	3540	5100	—
ZrN	2980±90	—	—
Hf	2227±20	4602	0.70
HfC	ca3890	—	—
HfN	3305	—	—

In addition, the melting point and the boiling point in said table 1 are based on "CRC Handbook of Chemistry

and Physics" (Editor-in-Chief: Robert C. Weast, CRC Press, Inc. (1988)). Moreover, a sputtering yield is based on "the foundation (the 3rd edition) of thin film creation" (**** Tatsuo Nikkan Kogyo Shimbun).

[0027] Especially Ta is effective among the aforementioned metal as mask material for dry etching to the magnetic material which constitutes a TMR component from the following reasons.

[0028] Although drawing 3 measures the selection ratio to Ta of the NiFe film which constitutes the magnetic film for TMR, and the CoFe film, the selection ratio to Ta of the CoFe film is 10 or more times, and it can check that Ta can be adopted as mask material at the time of etching magnetic materials, such as NiFe film and CoFe film.

[0029] On the other hand, in order for the magnetic thin film which constitutes a TMR component to prevent property degradation by oxidation as a component and to secure chemical stability etc., the nonmagnetic thin film which has the conductivity called a protective coat is formed in that front face, and Ta is usually used for this protective coat. The reason Ta is used as a protective coat is that it grows up in respect of the orientation made desirable [the magnetic film which carries out work important as components, such as NiFe formed by carrying out a laminating on it,] when Ta has the stability as a protective coat and also Ta film is used as the substrate film.

[0030] Then, in the process in which micro processing of a TMR component is performed by using Ta as mask material for dry etching which this invention proposes, since Ta formed as a protective coat of a TMR component is used as a mask, after micro-processing termination of a TMR component, it becomes unnecessary to remove a mask, it leaves this as it is, and can be used as a protective coat.

[0031] Namely, if Ta which is also the substrate film required for magnetic film formation good as mask material for dry etching which this invention proposes is used, since Ta used for the mask will serve as a component (protective coat) of a TMR component The process which removes a mask after etching termination becomes unnecessary, and it leads to shortening of a production process, and simplification, and it becomes unnecessary to prepare another ingredient only as an object for masks, and a facility and the cutback of the cost in connection with an ingredient can be aimed at.

[0032] In addition, in the above, the third gas, such as an argon (Ar), helium (helium), a xenon (Xe), a krypton (Kr), and neon (Ne), may be added as addition gas to the mixed gas of the carbon monoxide used as reactant gas, and a nitrogen-containing compound. By adding these third gas, the above-mentioned carbon monoxide and the mixed gas of a nitrogen-containing compound can be diluted, and too much dissociation of gas and re-dissociation of an etching product, and the reattachment can be controlled.

[0033] A pair Ti selection ratio becomes small, so that the addition of Ar gas to the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound is large, as shown in drawing 4 . However, this inclination Since the metal (Ta, W, Zr, Hf) with which the melting point or the boiling point goes up is shown when it changes to a nitride or carbide from the simple substance metal adopted in this invention When adding the third gas like Ar gas mentioned above to the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound, as for the addition, considering as 80% or less is desirable.

[0034]

[Example(s) of Experiment] About the case where the tantalum (Ta) which this invention proposes as a charge of mask lumber at the time of carrying out dry etching of the magnetic material to a carbon monoxide as etching gas using the mixed gas of a nitrogen-containing compound is adopted, it etched to the TMR component using the etching system of source loading of the helicon wave plasma as shown in drawing 5 .

[0035] The fundamental structure of a TMR component is shown in drawing 6 .

[0036] The TMR structure by which a TMR component is characterized sandwiches 2Oaluminum3 film which is the insulating layer whose thickness is 1nm, and consists of FeMn (20nm of thickness) of an antiferromagnetism layer in the ferromagnetic layer (for a pin layer, 5nm and a free layer are [thickness] 10nm) which consists of two CoFe(s) called a pin layer (upper layer of aluminum 2O3), and a free layer (lower layer of aluminum 2O3), and the upper layer of a pin layer. In addition, the basic principle of a TMR component and explanation of operation are omitted here.

[0037] Furthermore, Ta which is also a mask for the dry etching of a magnetic layer including aluminum 2O3 which is the protective layer of a TMR component and is an insulating layer is carrying out the laminating to the maximum upper layer which touches atmospheric air among the production process. In order for Ta to make the thickness as a protective layer secure after dry etching, the laminating of before etching is carried out to 9nm

thickness. Generally sequential formation of a protective layer (Ta), an antiferromagnetism layer (FeMn), a ferromagnetic layer (CoFe), and the insulating layer (aluminum 2O₃) is carried out by sputtering.

[0038] First, Ta film was etched by having used PR as the mask to the TMR component of the configuration of the drawing 6 (a) graphic display using SF₆ gas, and it considered as the mask of a magnetic layer (FeMn, CoFe) including aluminum 2O₃ which is an insulating layer about Ta film formed like the drawing 6 (b) graphic display. This process was performed as follows.

[0039] The inside of the vacuum housing 2 of the drawing 5 graphic display was exhausted by the exhaust air system 21, the wafer 9 which carried out the laminating of the TMR film which opens a non-illustrated gate valve and serves as a TMR component of the configuration of the drawing 6 (a) graphic display was carried in in the vacuum housing 2, and it held in the object electrode holder 4, and maintained to predetermined temperature according to the temperature control device 41. Next, a gas feed system 3 is operated and the etching gas (SF₆) of a predetermined flow rate is introduced into drawing 5 into a vacuum housing 2 through non-illustrated piping, a bulb, and a flow regulator from the bomb which is accumulating SF₆ non-illustrated gas. The introduced etching gas is diffused in the dielectric wall container 11 via the inside of a vacuum housing 2. Here, the source 1 of the plasma is operated. The dielectric wall container 11 airtightly connected as the building envelope opened the source 1 of the plasma for free passage to the vacuum housing 2, The antenna 12 of 2 turns which carry out induction of the helicon wave into the dielectric wall container 11, A transmission line 15 connects with an antenna 12 through a non-illustrated adjustment machine, and it consists of RF generator 13 for plasma which generates the high-frequency power (source power) supplied to an antenna 12, and electromagnet 14 grade which produces a predetermined field in the dielectric wall container 11. When the RF which RF generator 13 for plasma generated is supplied to an antenna 12 by the transmission line 15, the current of the reverse sense flows mutually at the antenna 12 of 2 turns, consequently induction of the helicon wave is carried out to the interior of the dielectric wall container 11. The energy of this helicon wave is given to etching gas, and the helicon wave plasma is formed. In addition, a large number are arranged in a hoop direction, and it is arranged in it so that it may differ mutually with the magnets which the magnetic pole of the field where many magnets 22 for side attachment walls face the outside of the side attachment wall of a vacuum housing 2 the side attachment wall of a vacuum housing 2 adjoins, and a cusp field is stood in a row and formed in a hoop direction in accordance with the inner surface of the side attachment wall of a vacuum housing 2 of this, and diffusion of the plasma to the inner surface of the side attachment wall of a vacuum housing 2 is prevented. At this time, simultaneously, RF generator 5 for bias is operated, the self-bias electrical potential difference which is a negative in one direction flowed electrical potential difference is given to the wafer 9 which is an etching processing object, and the ion incidence energy from the plasma to the front face of a wafer 9 is controlled. The plasma which is the above, and was made and formed is spread in a vacuum housing 2 from the dielectric wall container 11, and it reaches even near the front face of a wafer 9. Under the present circumstances, the front face of a wafer 9 is etched.

[0040] in addition, the etching process of Ta film with PR mask using above SF₆ was performed at pressure:0.5Pa in flow rate:326mg/min. (50sccm) of etching gas (SF₆), source power:1000W, and bias power:100 W and a vacuum housing 2, and temperature:50 degree C of a wafer 9.

[0041] Next, the magnetic film was etched with Ta mask formed of the aforementioned process, using the mixed gas of CO gas and NH₃ gas as etching gas.

[0042] Although this process is also performed using the etching system of source loading of the helicon wave plasma of the drawing 5 graphic display The process which the gas feed system which is not illustrated was operated in the aforementioned process, and was introduced into the vacuum housing 2 by making SF₆ gas into etching gas Operate a gas feed system 3 and piping 32, a bulb 33, and a flow regulator 34 are minded from bomb 31b which is accumulating bomb 31a which is accumulating CO gas of the drawing 5 graphic display, and NH₃ gas. Changing into the process which introduces a predetermined mixing ratio and the etching gas (mixed gas of CO gas and NH₃ gas) of a flow rate into a vacuum housing 2, others etched like the above-mentioned process and obtained the TMR component of the drawing 6 (c) graphic display.

[0043] the etching process of a magnetic film with this Ta film mask is performed at pressure:0.8Pa in flow rate:CO gas:12.5mg/min. (10sccm) of etching gas, NH₃ gas:22.8mg/min. (30sccm), source power:3000W, and bias power:1200 W and a vacuum housing 2, and temperature:100 degree C of a wafer 9.

[0044] When the TMR component was etched in the above process, the adhesion film to a pattern side

attachment wall was not generated.

[0045] On the other hand, when the TMR component was etched with PR mask using Ar gas, the adhesion film had arisen on the pattern side attachment wall.

[0046] Consequently, as shown in drawing 3, the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound was used as etching gas, Ti and the etching engine performance more than equivalent (CoFe etch rate: 63.1nm/min., Ta etch rate:5.7nm/min., selection-ratio (pair CoFe):11) were obtained as a charge of mask lumber at the time of carrying out dry etching of the magnetic material which constitutes a TMR component, and it left Ta film as it was after etching as a protective coat which is 5nm of thickness.

[0047] Furthermore, if Ta was used as mask material, since the affix to the pattern side attachment wall resulting from the resultant generated by dry etching would be reduced, the taper angle was also large and it was shown that little etching of the affix to a pattern side attachment wall can be performed.

[0048] As mentioned above, although the gestalt of desirable implementation of this invention and the example of an experiment were explained, this invention is not limited to the gestalt of operation mentioned above, and can be changed into various gestalten in the technical range grasped from the publication of a claim.

[0049] For example, the mixed gas of a carbon monoxide and a nitrogen-containing compound is made into etching gas, and when using metals, such as Ta which this invention proposes, as mask material for the dry etching of the magnetic thin film which constitutes a TMR component, the configuration of a TMR component is not limited to the configuration of the drawing 6 graphic display.

[0050] Moreover, in said example of an experiment, although the etching system of source loading of the helicon wave plasma was used as an etching system, an etching system is not restricted to this and can use the parallel plate mold RIE, Magnetrons RIE, ECR, and ICP, etc.

[0051]

[Effect of the Invention] the mask material for dry etching which was suitable for micro processing of an about several nm thin magnetic film like [according to this invention] NiFe which constitutes the TMR film, or CoFe, and still such mask material -- it is -- in addition -- and the mask material for dry etching which can aim at simplification of the production process of a TMR component, facility, and reduction of the manufacturing cost in connection with an ingredient can be offered.

[Translation done.]

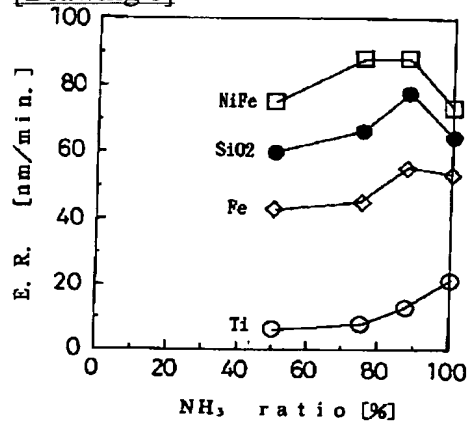
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

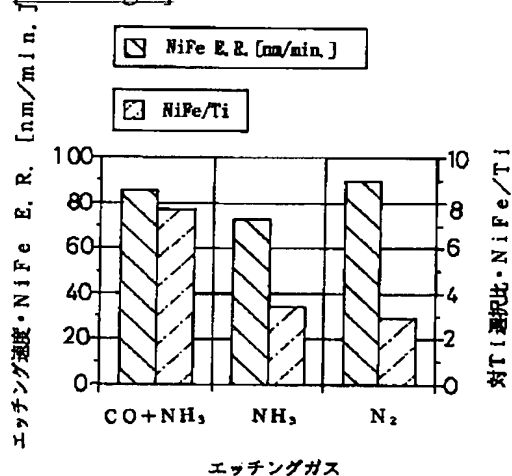
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

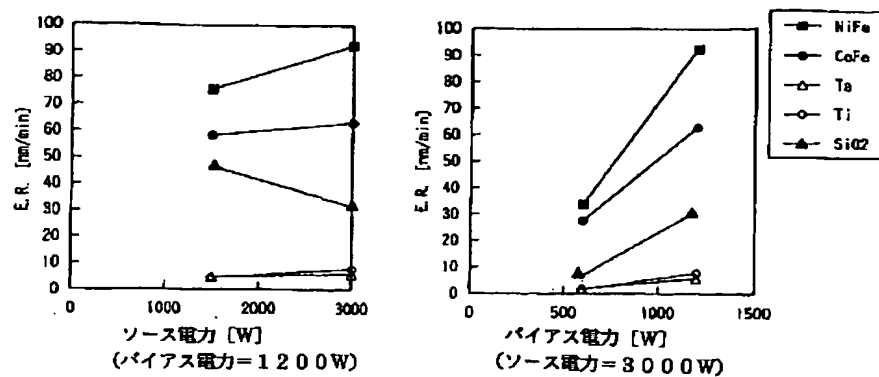
[Drawing 1]



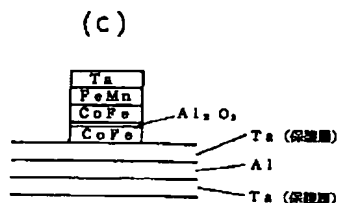
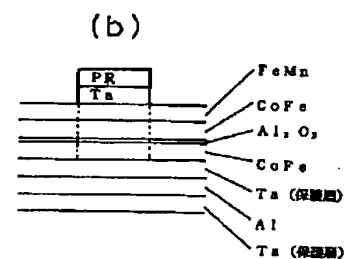
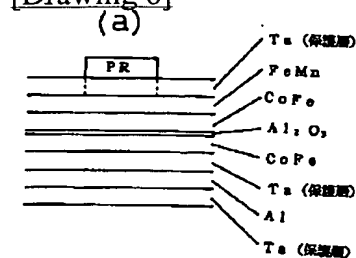
[Drawing 2]



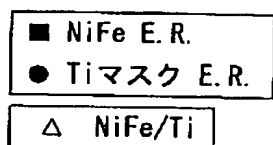
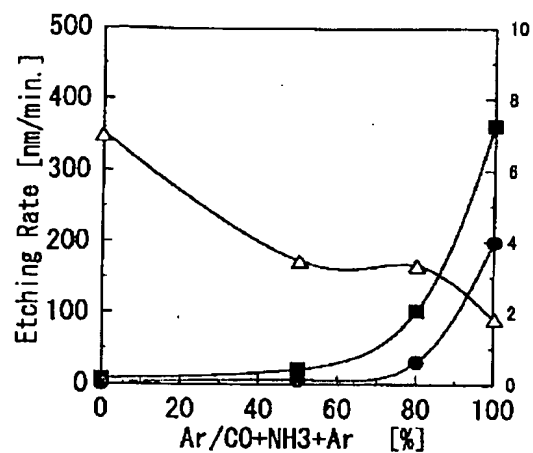
[Drawing 3]



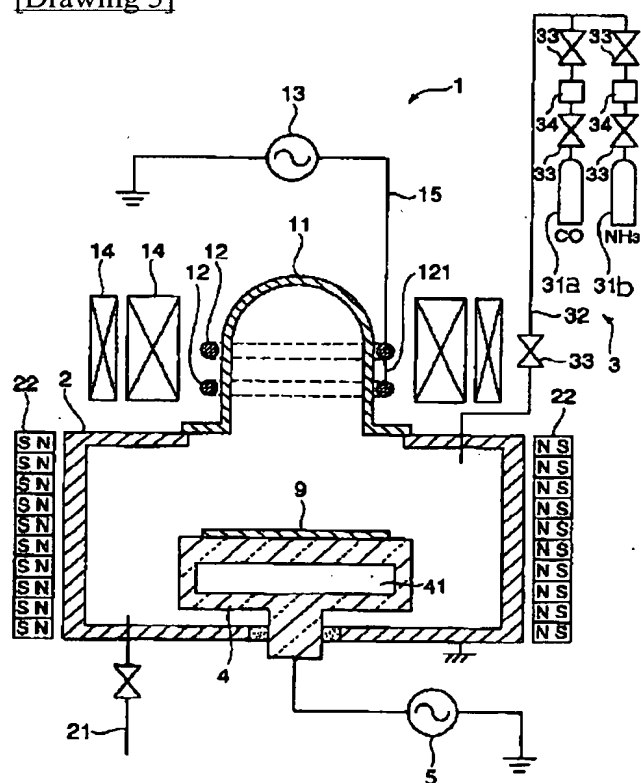
[Drawing 6]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**